

**BIOAKTIVITAS ASAP CAIR BATANG SEMU TANAMAN PISANG (*Musa*
spp.) TERHADAP *Myzus persicae* Sulz PADA KALE (*Brassica*
oleracea L. var. *sabellica*)**

Oleh
ANISSA NUR MAHDI



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2018**

**BIOAKTIVITAS ASAP CAIR BATANG SEMU TANAMAN PISANG (*Musa*
spp.) TERHADAP *Myzus persicae* Sulz PADA KALE (*Brassica*
oleracea L. var. *sabellica*)**

Oleh :
ANISSA NUR MAHDI
135040200111163

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT PERLINDUNGAN TANAMAN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelara Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MALANG
2018**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan dosen pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, 22 Agustus 2018

Anissa Nur Mahdi



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Bioaktivitas Asap Cair Batang Semu Pisang (*Musa spp.*)
terhadap Kutu Daun (*Myzus persicae* Sulzer) pada Kale
(*Brassica oleracea* L. var. *sabellica*)

Nama Mahasiswa : Anissa Nur Mahdi
NIM : 135040200111163
Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan
Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Dr. Ir. Toto Himawan, SU.

NIP. 19551119 198303 1 002

Fery Abdul Choliq, SP., MP., M.Sc.

NIK. 2015038 60523 1 001

Diketahui,

Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan

Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS

NIP. 19551018 198601 2 001

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Dr. Agr. Sc Hagus Tarno, SP., MP.

NIP. 19770810 200212 1 003

Fery Abdul Choliq, SP., MP., M.Sc.

NIK. 2015038 60523 1 001

Penguji III

Penguji IV

Dr. Ir. Toto Himawan, SU.

NIP. 19551119 198303 1 002

Dr. Ir. Syamsuddin Djauhari, MS.

NIP. 19550522 198103 1 006

Tanggal Lulus :

“ Bukankah sulit merawat saya selama ini? Terima kasih sudah menahan semua kesulitan itu sampai sekarang. Hal ini bahkan tidak seberapa tapi saya akan terus berusaha.”



Bapak
Ibu
Kakak
Skripsi ini untuk kalian

RINGKASAN

ANISSA NUR MAHDI. 135040200111163. Bioaktivitas Asap Cair Batang Semu Pisang (*Musa spp.*) terhadap Kutu Daun (*Myzus persicae* Sulzer) pada Kale (*Brassica oleracea* L. var. *sabellica*). Di bawah bimbingan Dr. Ir. Toto Himawan, SU sebagai dosen pembimbing utama dan Fery Abdul Choliq, SP., MP., M.Sc. sebagai dosen pembimbing pendamping

Tanaman kale adalah sayur yang mulai dibudidayakan petani secara meluas. Namun kale merupakan salah satu inang dari *Myzus persicae*. Untuk mengendalikan serangan *M. persicae* diajukan alternatif, yakni asap cair. Asap cair merupakan hasil pengarangkan yang dimanfaatkan dalam budidaya tanaman. Asap cair dapat diperoleh dari bambu maupun kayu karet. Dalam penelitian ini bahan baku asap cair yang digunakan adalah batang semu tanaman pisang. Melalui penelitian ini dikaji pengaruh letal (daya racun), aktivitas repelensi dan pengaruh konsentrasi asap cair batang semu tanaman pisang terhadap *M. persicae*, serta pengaruhnya pada pertumbuhan tanaman kale.

Penelitian dilaksanakan di Kampung Organik Brenjonk yang terletak di Kecamatan Trawas, Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur. Penelitian dimulai pada bulan Februari 2018 sampai bulan Juni 2018. Metode yang digunakan dalam mengamati pengaruh letal (daya racun), adalah metode residu dengan 6 perlakuan 3 ulangan. Data yang diperoleh lalu diolah dengan aplikasi Hsin Chi untuk mengetahui LC_{50} dan LC_{90} . Aktivitas repelensi yang diamati pada 6 perlakuan 4 ulangan lalu dikategorikan dan diuji Kruskal – Wallis. Nilai LC_{90} beserta turunannya kemudian dijadikan dasar perlakuan pengamatan pengaruh konsentrasi terhadap rerata populasi *M. persicae* dan indikator pertumbuhan kale. Sehingga diperoleh 6 konsentrasi perlakuan 4 ulangan yang diamati dalam rancangan acak kelompok. Data diuji dengan jarak berganda Duncan pada taraf kesalahan 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya racun asap cair batang semu pisang terhadap 50% *M. persicae* pada tanaman kale dicapai pada konsentrasi 10%. Repelensi asap cair batang semu pisang konsentrasi 50% terhadap *M. persicae* tergolong agak kuat (dengan nilai sebesar 45,399%). Namun, repelensi tersebut belum memenuhi kriteria komisi pestisida, yakni sebesar 90%. Pengaruh aplikasi asap cair batang semu pisang pada 1MSA, mengakibatkan rerata populasi *M. persicae* menurun. Sementara itu, pengaruh aplikasi asap cair batang semu pisang pada 2MSA – 4MSA, mengakibatkan rerata populasi *M. persicae* meningkat. Pengaruh aplikasi asap cair batang semu pisang dalam 4MSA, menimbulkan peningkatan rerata populasi *M. persicae* secara signifikan dibanding perlakuan kontrol. Aplikasi asap cair batang semu pisang tidak berpengaruh terhadap indikator pertumbuhan tanaman kale, yakni tinggi tanaman dan jumlah daun

SUMMARY

ANISSA NUR MAHDI. 135040200111163. Bioactivity of Liquid Smoke Pseudostem of Banana (*Musa* spp.) Aphid against (*Myzus persicae* Sulzer) on Kale (*Brassica oleracea* L. var. *sabellica*). Supervised by Dr. Ir. Toto Himawan, SU and Fery Abdul Choliq, SP., MP., M.Sc.

Kale plants are vegetables that are widely planted by farmers. But kale is one of the hosts of *Myzus persicae*. To combat *M. persicae* attacks here the alternative, namely liquid smoke. Liquid smoke have been used in plant cultivation. Liquid smoke can be obtained from bamboo or rubberwood. In this study, the raw material for liquid smoke is the pseudostem of banana plants. Through this study, the lethal effect (toxicity), repellency activity and the effect of the concentration of liquid smoke on the pseudostem of banana plants on *M. persicae*, as well as its effect on the growth of kale.

The study was conducted in Brenjonk Organic Village at Trawas District, Mojokerto Regency, East Java. The research began in February 2018 until June 2018. The method of observing lethal effects (toxic force) is the remainder method with 6 treatments 3 repetitions. The data then processed with the Hsin Chi application to determine LC_{50} and LC_{90} . The rejection activity observed in 6 replication treatments was categorized and tested by Kruskal-Wallis. The LC_{90} value and its derivatives are used as the basis of the treatment to observe the effect of focusing on the average population of *M. persicae* and kale growth indicators. Thus, 6 treatment 4 replicate concentrations were observed in a randomized block design. The data was tested at Duncan's multiple test with at 5% error.

The results showed that the toxicity of liquid smoke from pseudobanan stem to 50% *M. persicae* on kale plants was achieved at a concentration of 10%. The rejection of liquid smoke in banana stems with 50% concentration of *M. persicae* is quite strong (with a value of 45.399%). However, the rejection does not meet the pesticide commission criteria, which is 90%. The effect of giving liquid smoke from bananas to 1 week resulted in a decrease in the *M. persicae* population. In the meantime, the effect of liquid, liquid smoke in 2 week - 4 week resulted in an increase in the population of *M. persicae*. The effect of giving liquid pseudo-stem liquid smoke in 4 week significantly increased the mean population of *M. persicae* compared to the control treatment. The administration of liquid liquid nitrogen from banana stems does not affect kale crop growth indicators, namely plant height and number of leaves.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Bioaktivitas Asap Cair Batang Semu Pisang (*Musa spp.*) terhadap Kutu Daun (*Myzus persicae* Sulzer) pada Kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*)” sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan program S1 Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

Skripsi ini dapat terwujud berkat kerja sama dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu dalam kesempatan ini perkenankan penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Toto Himawan, SU., selaku pembimbing utama skripsi yang telah memberikan bimbingan dalam penulisan skripsi.
2. Bapak Fery Abdul Choliq, SP., MP., M. Sc., selaku pembimbing pendamping skripsi yang ikut serta memberikan bimbingan dalam penulisan skripsi.
3. Ibu Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS selaku Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya yang telah mengesahkan secara resmi judul penelitian sebagai bahan penulisan skripsi sehingga penulisan skripsi berjalan dengan lancar.
4. Bapak dan Ibu atas jasa-jasanya, kesabaran, do'a dan tidak pernah lelah dalam mendidik dan memberi cinta yang tulus dan ikhlas kepada penulis semenjak kecil.
5. Pengelola beserta staf Kampung Organik Brenjonk yang berkerjasama dari mulai perencanaan penelitian hingga terselesaikannya penelitian dan penulisan skripsi.
6. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan motivasi yang tidak ternilai hingga terselesaikannya penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penelitian ini mungkin masih ada kekurangan. Namun demikian, semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi yang memerlukan.

Malang, Agustus 2018

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jombang pada 20 Juni 1995. Penulis bertempat tinggal di Desa Jabaran Kecamatan Balongbendo Kabupaten Sidoarjo. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Kusnadi dan Ibu Mei Harfiah.

Peneliti menyelesaikan pendidikan di Sekolah Dasar di SD Negeri Jabaran 201 di Kecamatan Balongbendo Kabupaten Sidoarjo pada tahun 2007. Pada tahun itu juga peneliti melanjutkan Pendidikan di SMP Negeri 2 Krian Kecamatan Krian dan tamat pada tahun 2010 kemudian melanjutkan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Tarik Kecamatan Tarik dan selesai pada tahun 2013. Pada tahun 2013 tersebut peneliti melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi negeri, tepatnya di Universitas Brawijaya Fakultas Pertanian pada Program Studi Agroekoteknologi.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam organisasi baik di tingkat Universitas maupun Fakultas. UAKI (Unit Aktivitas Kerohanian Islam) pada tingkat Universitas dan pada tingkat Fakultas, yaitu Lembaga Studi Usaha Mahasiswa BURSA FP UB. Tahun 2017 penulis melaksanakan Program Magang di UPT. Materia Medica Kota Batu.

DAFTAR ISI

Halaman

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I. PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3 Tujuan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.4 Hipotesis Penelitian	Error! Bookmark not defined.
II. TINJAUAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
2.1 Bioaktivitas	Error! Bookmark not defined.
2.2 <i>Myzus persicae</i> Sulzer (Hemiptera : Aphididae)	Error! Bookmark not defined.
2.2 Tanaman Kale (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>sabellica</i>)	Error! Bookmark not defined.
2.3 Asap Cair Batang Semu Tanaman Pisang	Error! Bookmark not defined.
2.3.1 Asap Cair (Pyroligenous Acid)	Error! Bookmark not defined.
2.3.2 Bahan Baku dan Tipe Pirolisis	Error! Bookmark not defined.
2.3.3 Tipe Reaktor Pirolisis Lambat	Error! Bookmark not defined.
2.3.4 Asap Cair Batang Semu Tanaman Pisang	Error! Bookmark not defined.
III. METODE PELAKSANAAN	Error! Bookmark not defined.
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	Error! Bookmark not defined.
3.2 Kerangka Operasional Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.3 Persiapan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.3.1 Penyediaan Tanaman Inang	Error! Bookmark not defined.
3.3.2 Perbanyakkan <i>M. persicae</i>	Error! Bookmark not defined.
3.3.3 Pembuatan Asap Cair	Error! Bookmark not defined.
3.4 Pelaksanaan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.4.1 Pengujian Toksisitas (Daya Racun) Asap Cair terhadap <i>M. persicae</i>	Error! Bookmark not defined.
3.4.2 Uji Repelensi Asap Cair terhadap <i>M. persicae</i>	Error! Bookmark not defined.
3.4.3 Aktivitas Asap Cair terhadap Populasi <i>M. persicae</i> dan Pertumbuhan Kale	Error! Bookmark not defined.
3.5 Analisis Data	Error! Bookmark not defined.
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
4.1 Daya Racun Asap Cair Batang Semu Pisang pada <i>M. persicae</i>	Error! Bookmark not defined.
4.2 Tingkat Repelensi Asap Cair Batang Semu Pisang pada <i>M. persicae</i> ...	Error! Bookmark not defined.
4.3 Populasi <i>M. persicae</i>	Error! Bookmark not defined.
4.4 Peningkatan Populasi <i>M. persicae</i> pada Aplikasi Asap Cair Batang Semu Pisang	Error! Bookmark not defined.
4.5 Pengaruh Asap Cair Batang Semu Pisang pada Tanaman Kale	Error! Bookmark not defined.



V. KESIMPULAN DAN SARAN	Error! Bookmark not defined.
5.1 Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2 Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
Gambar 1 Karakter morfologi <i>M. persicae</i>	Error! Bookmark not defined.	
Gambar 2 Tanaman kale	Error! Bookmark not defined.	
Gambar 3 Ilustrasi komposisi hasil pirolisis	Error! Bookmark not defined.	
Gambar 4 Bagian pembakaran pirolisis	Error! Bookmark not defined.	
Gambar 5 Bagian pendinginan (kondensasi) pirolisis	Error! Bookmark not defined.	
Gambar 6 Rangkaian alat pirolisis.	Error! Bookmark not defined.	
Gambar 7 Rangkaian alat pembakaran arang dan penghasil asap cair	Error! Bookmark not defined.	
Gambar 8 Sketsa rangkaian alat pirolisis.	Error! Bookmark not defined.	
Gambar 9 Rangkaian alat pirolisis	Error! Bookmark not defined.	
Gambar 10 Rangkaian kondensor	Error! Bookmark not defined.	
Gambar 11 Rangkaian alat pirolisis	Error! Bookmark not defined.	
Gambar 12 Kerangka operasional penelitian	Error! Bookmark not defined.	
Gambar 13 Sungkup tanaman	Error! Bookmark not defined.	
Gambar 14 Desain plastik kontainer model stoples kue..	Error! Bookmark not defined.	
Gambar 15 Hubungan konsentrasi asap cair batang semu pisang dengan kematian <i>M. persicae</i>	Error! Bookmark not defined.	
Gambar 16 Peningkatan populasi <i>M. persicae</i>	Error! Bookmark not defined.	

DAFTAR TABEL

No	Teks	Halaman
Tabel 1	Parameter operasional proses pirolisis....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2	Komponen hasil proses pirolisis	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3	Deskripsi perlakuan.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4	Kriteria Repelensi.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5	Deskripsi perlakuan.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 6	Mortalitas <i>M. persicae</i> pada Kale	Error! Bookmark not defined.
Tabel 7	Rerata Populasi <i>M. persicae</i> pada Kale .	Error! Bookmark not defined.
Tabel 8	Tingkat penghambatan asap cair batang semu pisang	Error! Bookmark not defined.
Tabel 9	Rerata tinggi tanaman kale	Error! Bookmark not defined.
Tabel 10	Rerata jumlah daun tanaman kale.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR LAMPIRAN

No	Teks	Halaman
	Lampiran Tabel 1 Analisis Ragam Mortalitas <i>M. persicae</i> pada Kale	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran Tabel 2 Analisis Ragam Populasi <i>M. persicae</i> 1 MSA	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran Tabel 3 Analisis Ragam Populasi <i>M. persicae</i> 2 MSA	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran Tabel 4 Analisis Ragam Populasi <i>M. persicae</i> 3 MSA	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran Tabel 5 Analisis Ragam Populasi <i>M. persicae</i> 4 MSA	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran Tabel 6 Analisis Ragam Tinggi Tanaman Kale 1 MSA	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran Tabel 7 Analisis Ragam Tinggi Tanaman Kale 2 MSA	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran Tabel 8 Analisis Ragam Tinggi Tanaman Kale 3 MSA	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran Tabel 9 Analisis Ragam Tinggi Tanaman Kale 4 MSA	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran Tabel10 Analisis Ragam Jumlah Daun Tanaman Kale 1 MS.....	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran Tabel 11 Analisis Ragam Jumlah Daun Tanaman Kale 2 MSA ...	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran Tabel 12 Analisis Ragam Jumlah Daun Tanaman Kale 3 MSA ...	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran Tabel 13 Analisis Ragam Jumlah Daun Tanaman Kale 4 MSA ...	Error! Bookmark not defined.
No table of figures entries found.		



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kale merupakan sayur dengan kandungan vitamin dan mineral yang tinggi dibanding sayuran lain (Steindal, 2013). Kandungan kale menjadikan sayur ini sebagai pendukung gaya hidup sehat. Sehingga konsumsi dan nilai ekonomis kale meningkat. Hal tersebut mendorong meluasnya budidaya kale di dataran tinggi Indonesia.

Dataran tinggi Indonesia memiliki iklim relatif sama dengan iklim asal sayuran kale, yakni timur tengah dan pesisir eropa (Helm, 1962). Permasalahan budidaya kale di Indonesia adalah serangan hama *M. persicae* pada musim kemarau. Populasi hama ini dipengaruhi suhu, dimana dapat meningkat pada musim kemarau (suhu meningkat), begitu pula sebaliknya (Kuhar *et al.*, 2009). *M. persicae* mengganggu produksi kale sejak pembibitan. *M. persicae* yang berada pada permukaan bawah daun menghisap cairan daun muda. Hal ini tentu mengakibatkan kerugian langsung.

Untuk mengatasi hal tersebut diajukan alternatif yakni, asap cair. Asap cair adalah larutan bersifat asam hasil kondensasi dari proses pengarangan atau pirolisis. Asap cair banyak digd unakan dalam produksi tanaman sebagai stimulan pertumbuhan, perkecambahan, desinfeksi tanah dan pengendali gulma, penyakit dan hama (Kim *et al.*, 2000). Asap cair terdiri dari lebih 200 komponen kimia, dengan asam asetat sebagai senyawa utama (Dong Hun *et al.*, 2008). Dalam kajian berbeda disebutkan bahwa hasil analisis GC-MS kadar asam asetat asap cair dari bambu, eukaliptus dan karet berkisar 65% - 77% (Rakmai, 2009). Menurut Pangnakorn & Chuenchooklin, (2016), asap cair dapat menekan populasi *Bemisia tabaci*.

Dalam penelitian ini bahan baku asap cair diperoleh dari batang semu tanaman pisang. Pemilihan ini didasari oleh penelitian Omulo *et al.*, (2017) yang menyatakan bahwa hasil analisis GC-MS kadar asam asetat asap cair batang semu pisang adalah 19%. Dari berbagai kajian tersebut dilaksanakan penelitian bioaktivitas asap cair batang semu tanaman pisang pada *M. persicae*. Penelitian ini bertujuan memastikan potensi asap cair batang semu pisang terhadap *M. persicae* Diharapkan melalui penelitian ini, dapat melengkapi kajian asap cair dari bahan baku dan hama target yang berbeda.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah asap cair dapat memberikan pengaruh letal (daya racun) terhadap *M. persicae* pada tanaman kale.
2. Apakah asap cair memiliki aktivitas repelensi terhadap *M. persicae*.
3. Apa pengaruh konsentrasi asap cair terhadap populasi *M. persicae*.
4. Apa pengaruh aplikasi asap cair terhadap pertumbuhan tanaman kale.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dilakukan yaitu:

1. Mengetahui pengaruh letal asap cair terhadap *M. persicae* pada tanaman kale.
2. Mengetahui aktivitas repelensi asap cair terhadap *M. persicae*.
3. Mengetahui pengaruh aplikasi asap cair terhadap populasi *M. persicae*.
4. Mengetahui pengaruh aplikasi asap cair terhadap pertumbuhan tanaman kale.

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dari penelitian ini, yaitu asap cair memiliki pengaruh letal, aktivitas repelensi terhadap atribut biologi *M. persicae*.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini, yaitu dapat memberikan informasi mengenai pengaruh letal, aktivitas repelensi asap cair dan pengaruhnya terhadap atribut biologi *M. persicae*. Hasil yang diperoleh dapat menambah kasanah pengetahuan.

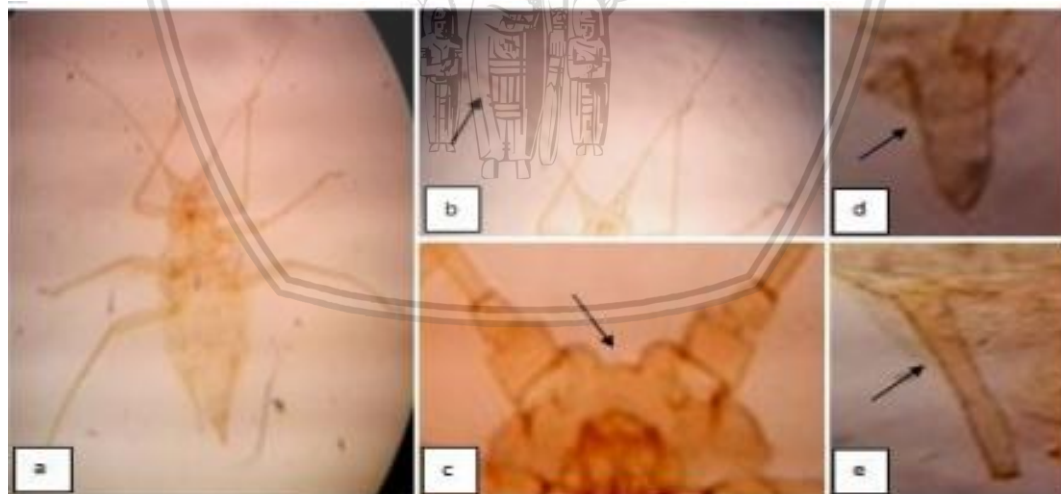
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bioaktivitas

Bioaktivitas menurut Yan Ying (2015) adalah istilah yang mendeskripsikan aktivitas biologis dari suatu entitas kimia, seperti imunomodulator. Istilah ini mendeskripsikan aktivitas molekul: kombinasi pengaruh dari entitas kimia terhadap komponen dari makhluk hidup atau pada organisme secara keseluruhan. Umumnya terdapat klasifikasi tertentu pada entitas kimia tersebut yang didasarkan pada karakter fisik, seperti rumus kimia dan massanya.

2.2 *Myzus persicae* Sulzer (Hemiptera : Aphididae)

Myzus persicae merupakan hama polifag dengan klasifikasi Ordo : Hemiptera, Famili: Aphididae, Genus: Myzus, Spesies: *Myzus persicae* Sulz (Sulzer, 1776). Hasil identifikasi Fitria, (2012) menunjukkan bahwa morfologi antena memiliki panjang segmen terminal lebih panjang dari segmen basal antena (Gambar 1b). Tuberkel pada antena *M. persicae* berbentuk konvergen yaitu cekung ke bagian dalam (Gambar 1c). Kutu daun *M. persicae* memiliki ukuran kauda lebih pendek dari sifunkuli dan sifunkuli berbentuk ramping di bagian tengahnya, kemudian membengkak pada bagian akhirnya (Gambar 1d dan 1e). Panjang tubuh *M. persicae* berukuran 1.2-2.1 mm.



Gambar 1 Karakter morfologi *M. persicae* a) preparat awetan *M. persicae* b) antena c) tuberkel antena d) kauda dan e) sifunkuli (Fitria, 2012)

Myzus persicae merupakan kutu daun yang bersifat polifag. Imago *M. persicae* pada genus Brassica mampu menghasilkan 20 – 30 keturunan dari setiap individu (Heathcote, 1962). *M. persicae* di daerah tropis sebagian besar berkembang biak secara tidak kawin yaitu dengan melahirkan nimfa. Nimfa

berwarna kekuningan, stadia nimfa berlangsung selama ± 6 hari (Kalshoven 1981). Populasi hama ini sangat dipengaruhi suhu, dimana dapat meningkat pada musim kemarau (suhu meningkat), sebaliknya pada musim hujan (suhu menurun) populasi akan turun (Kuhar *et al.*, 2009).

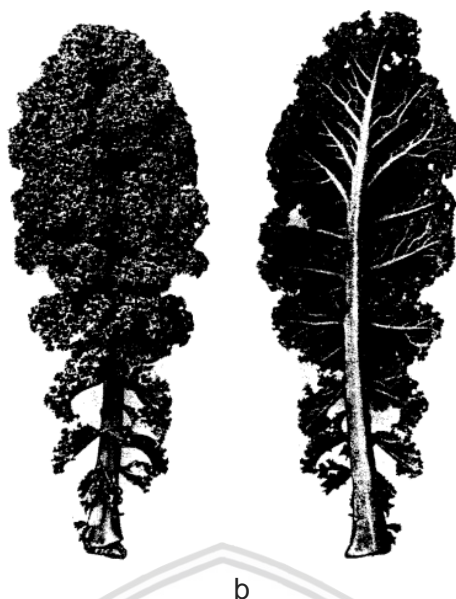
M. persicae membentuk koloni pada bagian bawah daun, batang bunga, bakal bunga, kotiledon dan dalam lipatan daun kubis - kubisan yang keriting (Heathcote, 1962). *M. persicae* yang berada pada permukaan bawah daun menghisap cairan daun muda dan bagian tanaman yang masih muda. Hal ini tentu mengakibatkan kerugian langsung yang dapat menyebabkan daun tanaman menjadi keriput dan keriting menggulung, serta pertumbuhan tanaman menjadi terhambat (Kuhar *et al.*, 2009).

2.2 Tanaman Kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*)

Di dataran tinggi Indonesia, budidaya sayur kale sesuai, karena iklim yang relatif sama dengan iklim asal sayuran kale, yakni timur tengah dan pesisir eropa (Helm, 1962). Kale merupakan golongan *Brassica oleracea* tanpa bonggol atau kepala (*acephala*) dengan batang tegak yang menopang daun yang luas (Gambar 3b), dan memiliki kekerabatan yang dekat dengan kubis – kubisan liar. Kale dengan bentuk daun tidak datar, zona marginal kurang lebih lebar dengan lembaran yang dibengkokkan, dilipat berkali-kali, dengan ikal bergelombang, sehingga disebut kale *curly* (Gambar 3b). Berdasarkan karakter tersebut, kale *curly* merupakan Famili: Crucifera, Genus: *Brassicca*, Spesies: *Brassicca oleraceae* L. ssp. *oleracea* convar. *acephala* (DC.), Alef. var. *sabellica* L (Helm, 1962) atau *Brassica oleracea* var. *sabellica*.



a

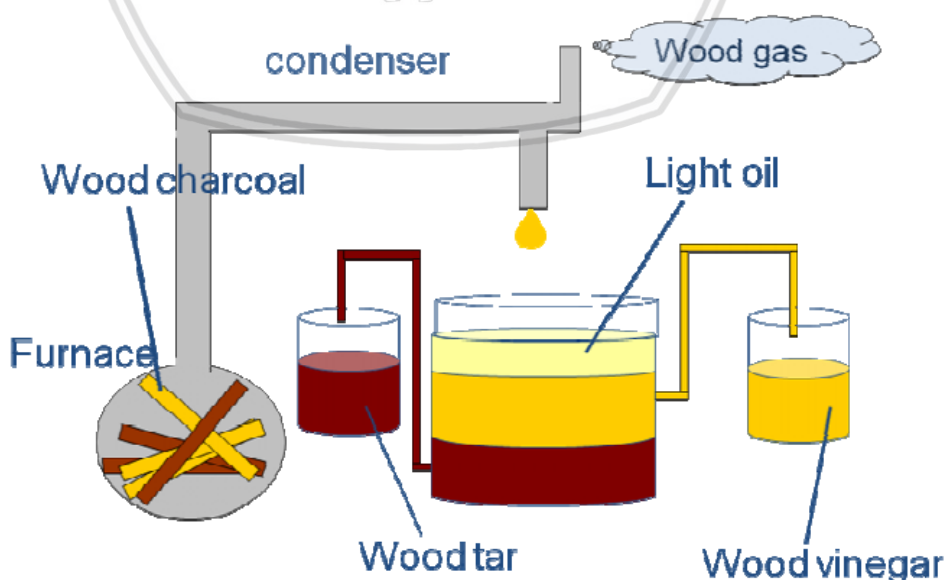


Gambar 2 Tanaman kale a. Kenampakan tanaman kale *curly* (Salachna, 2017);
b. Daun tanaman kale *curly* tampak depan & belakang (Helm, 1962)

2.3 Asap Cair Batang Semu Tanaman Pisang

2.3.1 Asap Cair (Pyroligenous Acid)

Pyroligneous acid dalam bahasa Indonesia dapat diterjemahkan asap cair. Asap cair merupakan larutan bersifat asam hasil kondensasi dari proses pirolisis (pengarangan). Larutan ini merupakan salah satu hasil dari proses pirolisis (Gambar 4). Larutan asap cair memiliki bau yang khas dan berwarna kuning – kecoklatan. Asap cair terdiri dari ± 200 senyawa kimia, dengan senyawa utama berupa asam asetat, formaldehid, metanol, dan aseton (Dong Hun *et al.*, 2008).



Gambar 3 Ilustrasi komposisi hasil pirolisis

2.3.2 Bahan Baku dan Tipe Pirolisis

Pirolisis merupakan salah satu teknologi termokimia. Pirolisis mengonversi bahan organik menjadi padat, gas dan cair melalui pemanasan tanpa adanya oksigen (Mohan *et al.*, 2005). Karakter hasil pirolisis bergantung pada dua hal, jenis bahan baku dan teknik pirolisis yang digunakan.

Bahan baku, asap cair dapat diperoleh dari berbagai tanaman. Perbedaan bahan baku/ biomassa yang digunakan dalam proses pirolisis akan mempengaruhi persentase kandungan senyawa kimia di dalam asap cair. Istilah kayu keras dan kayu lembut sering digunakan dalam pengelompokan bahan. Kedua istilah merujuk pada kelompok kelas tanaman angiospermae dan gymnospermae (Mohan *et al.*, 2005).

Kayu keras dan kayu lembut masing – masing terdiri atas bahan penyusun yang sama, yakni selulosa, hemiselulosa, lignin dan bahan anorganik organik lainnya. Selulosa, merupakan komponen terbesar yang terdapat pada kayu keras dan lembut. Selulosa terdegradasi pada suhu 240 – 350 C. Hemiselulosa, merupakan komponen terbesar kedua pada tanaman. Hemiselulosa pada kayu keras sebesar 35% dan kayu lembut 28% (Rowell, 1984; Mohan *et al.*, 2005). Hemiselulosa terdegradasi pada suhu 200 – 260 C (Soltes dan Elder, 1981; Mohan *et al.*, 2005). Lignin, komponen terbesar ketiga yang menempati 16% – 25% kayu keras dan 23% – 33% kayu lembut (Bridgwater, 2004; Mohan *et al.*, 2005). Lignin terdegradasi pada suhu 280 – 500 C (Soltes dan Elder, 1981; Mohan *et al.*, 2005).

Diamati dari warna asap, dapat ditentukan waktu optimal dalam menampung asap cair yang melalui cerobong asap. Uap putih mengindikasikan kelembaban kayu telah berkurang. Selanjutnya, asap berbau tajam mengindikasikan hemiselulosa terpirolisis. Kemudian asap yang membuat mata perih, mengindikasikan selulosa terpirolisis. Terakhir pada pirolisis lignin, terbentuk asap berwarna ungu-kebiruan. Sehingga waktu optimal penampungan asap cair adalah setelah uap putih pertama dan sebelum asap ungu.

Tipe pirolisis, dibedakan berdasar kondisi pengoperasian. Kondisi yang dimaksud terkait waktu dan kecepatan pemanasan dalam pirolisis lambat dan cepat (Tabel 1). Pirolisis lambat, memanaskan bahan baku hingga suhu 500 C (Bridgwater, 1990; Mohan *et al.*, 2005). Pirolisis lambat memiliki kecepatan pemanasan maksimal 20 C/menit dengan rata - rata kecepatan pemanasan 10 C/menit (Omulo *et al.*, 2017).

Tabel 1 Parameter operasional proses pirolisis (Demirbas & Arin, 2010).

	Conventional pyrolysis	Fast pyrolysis
Pyrolysis temperature (K)	550 - 950	820 - 1250
Heating rate (K/s)	0,1 – 1	10 - 200
Particle size (mm)	5 – 50	< 1
Solid residence time (s)	450 - 550	0,5 - 10

Pirolisis lambat memungkinkan untuk menghasilkan padatan, cairan dan gas dalam porsi yang signifikan (Demirbas & Arin, 2010). Pada pirolisis cepat kecepatan pemanasan mencapai 1.000 C/detik (Bridgwater, 2003; Mohan *et al.*, 2005). Pirolisis cepat mendekomposisi bahan baku menjadi asap, aerosol dan arang. Hasil pirolisis cepat berupa 60 – 75% cairan bio-oil; 15 – 25% padatan arang; dan 10 – 20% gas yang tidak terkondensasi (Mohen, 2005). Perbandingan hasil pirolisis lambat dan cepat disajikan dalam Tabel 2 (Duku & Hagan, 2011).

Tabel 2 Komponen hasil proses pirolisis (Duku & Hagan, 2011)

Tipe	Cairan (bio-oil)	Padatan (arang)	Gas tidak terkondensasi
Pirolisi Cepat	75% (25% asap cair)	12%	13%
Pirolisis Lambat	30% (70% asap cair)	35%	35%

2.3.3 Tipe Reaktor Pirolisis Lambat

Faktor yang mempengaruhi produksi asap cair pada proses pirolisis adalah suhu dan kecepatan pemanasannya, sehingga diperlukan teknik pirolisis lambat untuk rendemen asap cair yang lebih tinggi. Teknik pirolisis lambat memiliki berbagai tipe reaktor. Berbagai reaktor pirolisis lambat adalah sebagai berikut :

Reaktor Pirolisis Lambat 1, merupakan reaktor pirolisis yang digunakan di Filipina dan Thailand. Reaktor ini memiliki reaktor (Gambar 5) dan sumber pemanasan tungku kayu yang ditempatkan di dalam tumpukan tanah yang sama. Kemudian asap dialirkan melalui pipa yang terhubung dengan bambu untuk mengondensasikan asap (Gambar 6).



Gambar 4 Bagian pembakaran pirolisis (Iberahim, 2014)



Gambar 5 Bagian pendinginan (kondensasi) pirolisis (Iberahim, 2014)

Reaktor Pirolisis Lambat 2, merupakan reaktor yang digunakan dalam penelitian kandungan senyawa pada asap cair dari sekam padi (Ariyani *et al.*, 2014). Dalam metode pembuatan asap cair digunakan 2 kg sekam padi yang sudah kering kemudian dipirolisis. Reaksi ini berlangsung pada reaktor yang bekerja pada temperatur kompor selama 9 jam/hari dalam 7 hari pembakaran. Asap hasil pembakaran dikondensasi dengan kondensor yang berupa koil melingkar yang dipasang dalam bak pendingin (Gambar 7).



Gambar 6 Rangkaian alat pirolisis (Ariyani *et al.*, 2014).

Reaktor Pirolisis Lambat 3, bahan baku dibakar dengan menggunakan tungku di bawah drum. Setelah potongan bahan masuk reaktor (Gambar 8), kemudian dilakukan pembakaran dengan umpan kayu bakar dan sedikit minyak tanah pada bagian tungku. Tungku pengarangan ini dilengkapi dengan pendingin asap berupa pipa berbentuk spiral yang terpasang dalam drum yang telah diisi air. Asap yang telah dingin, dialirkan dan ditampung dalam ember plastik, sehingga akan diperoleh asap cair/cuka kayu. Proses pengarangan berlangsung antara 32 - 96 jam, tergantung kadar air dan jumlah / berat yang digunakan. Suhu pengarangan sekitar 300 - 450 C (Komarayati *et al.*, 2011).

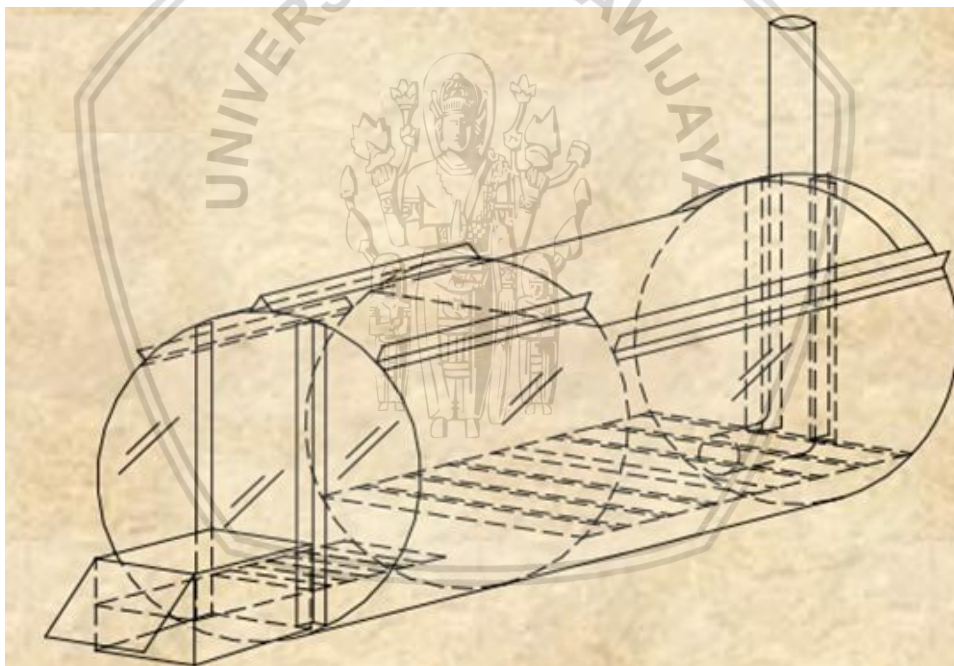


Gambar 7 Rangkaian alat pembakaran arang dan penghasil asap cair (Komarayati *et al.*, 2011)

Keterangan :

- 1 = Drum penampung bahan kayu
- 2 = Drum kedua untuk menampung air pendingin
- 3 = Cerobong asap untuk mengalirkan gas ke udara terbuka
- 4 = Cerobong asap kedua
- 5 = Wadah penampung cuka kayu
- 6 = Pipa untuk mengalirkan gas ke alat pendingin

Reaktor Pirolisis Lambat 4, bahan baku dibakar dengan menggunakan tungku di samping drum. Setelah potongan bahan masuk reaktor, kemudian dilakukan pembakaran dengan umpan kayu bakar dan sedikit minyak tanah pada bagian tungku. Tungku pengarangan ini dilengkapi dengan pendingin asap berupa pipa yang terpasang dalam kaleng yang telah dilubangi besar dan kecil pada sisi



Gambar 8 Sketsa rangkaian alat pirolisis (Iwasaki, 2016).



Gambar 9 Rangkaian alat pirolisis (Iwasaki, 2016)

bawah (Gambar 9 dan 10). Lubang besar untuk masuknya udara dari luar, sementara lubang kecil untuk mengeluarkan asap cair yang terkondensasi (Gambar 11 a). Asap yang telah dingin, dialirkan dan ditampung dalam ember plastik, sehingga akan diperoleh asap cair/cuka kayu (Gambar 11 b).



a

b

Gambar 10 Rangkaian kondensor a. Struktur kondensor; b. Rangkaian kondensor (Iwasaki, 2016)

Reaktor Pirolisis Lambat 5, bahan baku dibakar dengan menggunakan tungku di bawah drum. Setelah potongan bahan masuk reaktor, kemudian dilakukan pembakaran dengan umpan kayu bakar dan sedikit minyak tanah pada bagian tungku. Tungku pengarangan ini dilengkapi dengan pendingin asap berupa pipa yang terpasang pada penampung di sisi bawah ujung pipa (Gambar 12).

Reaktor ini mampu meminimalkan input kayu pembakaran karena dilengkapi insulasi (pasir atau vermikulit) antara drum dengan ukuran berbeda yang terdapat pada bagian dalamnya.



Gambar 11 Rangkaian alat pirolisis (Joshi & Seay, 2016)

2.3.4 Asap Cair Batang Semu Tanaman Pisang

Secara luas asap cair telah digunakan sebagai insektisida (nyamuk, ngengat dan ulat), termitisida, dan moluskisida. Asap cair banyak digunakan dalam produksi tanaman sebagai stimulan pertumbuhan, perkecambahan, desinfeksi tanah dan pengendali gulma, penyakit dan hama (Kim *et al.*, 2000). Penggunaan asap cair telah dinyatakan aman karena tidak menimbulkan dampak negatif yang signifikan pada lingkungan (Pangnakorn *et al.*, 2012). Aktivitas insektisidal khususnya termitisidal terkait dengan kandungan asam asetat (Yatagai *et al.*, 2001). Sinergi antara asam asetat pada asap cair dan pestisida sintetik karbosulfan berperan signifikan terhadap mortalitas *Nilaparvata lugens* dan *Laodelphax striatellus* (Homoptera: Delphacidae) (Dong Hun *et al.*, 2008). Di Finlandia, hasil pirolisis kayu *Betula sp.* dikaji kemampuan biopestisida maupun repelensinya (Tiilikkala and Segerstedt, 2009). Konsentrasi 1% tar *Betula sp* membunuh 95% *M. persicae*.

Asap cair terdiri dari lebih 200 komponen kimia, dengan asam asetat sebagai senyawa utama (Dong Hun *et al.*, 2008). Dalam kajian berbeda disebutkan bahwa hasil analisis GC-MS kadar asam asetat asap cair dari bambu, eukaliptus dan karet berkisar 65% - 77% (Rakmai, 2009) (Lampiran Tabel 15). Menurut Pangnakorn & Chuenchooklin, (2016), asap cair dapat menekan

populasi *Bemisia tabaci*. Penelitian Omulo *et al.*, (2017) menyatakan bahwa hasil analisis GC-MS kadar asam asetat asap cair batang semu pisang adalah 19% (Lampiran Tabel 14). Sehingga dalam penelitian ini bahan baku asap cair diperoleh dari batang semu tanaman pisang.

Kandungan senyawa lain yang diduga memiliki aktivitas insektisidal adalah metanol. Pada tinjauan Dixit *et al.*, (2013), disebutkan bahwa tanaman transgenik dapat menghasilkan metanol dalam jumlah yang besar. Metanol yang dihasilkan dapat menghambat multiplikasi *M. persicae*. Metanol yang dihasilkan tanaman sebesar 4.36 ± 0.21 - 4.92 ± 0.21 $\mu\text{mol e min}^{-1}\text{cm}^{-2}$ mengakibatkan 65%-100% mortalitas *M. persicae* (Dixit *et al.*, 2013).



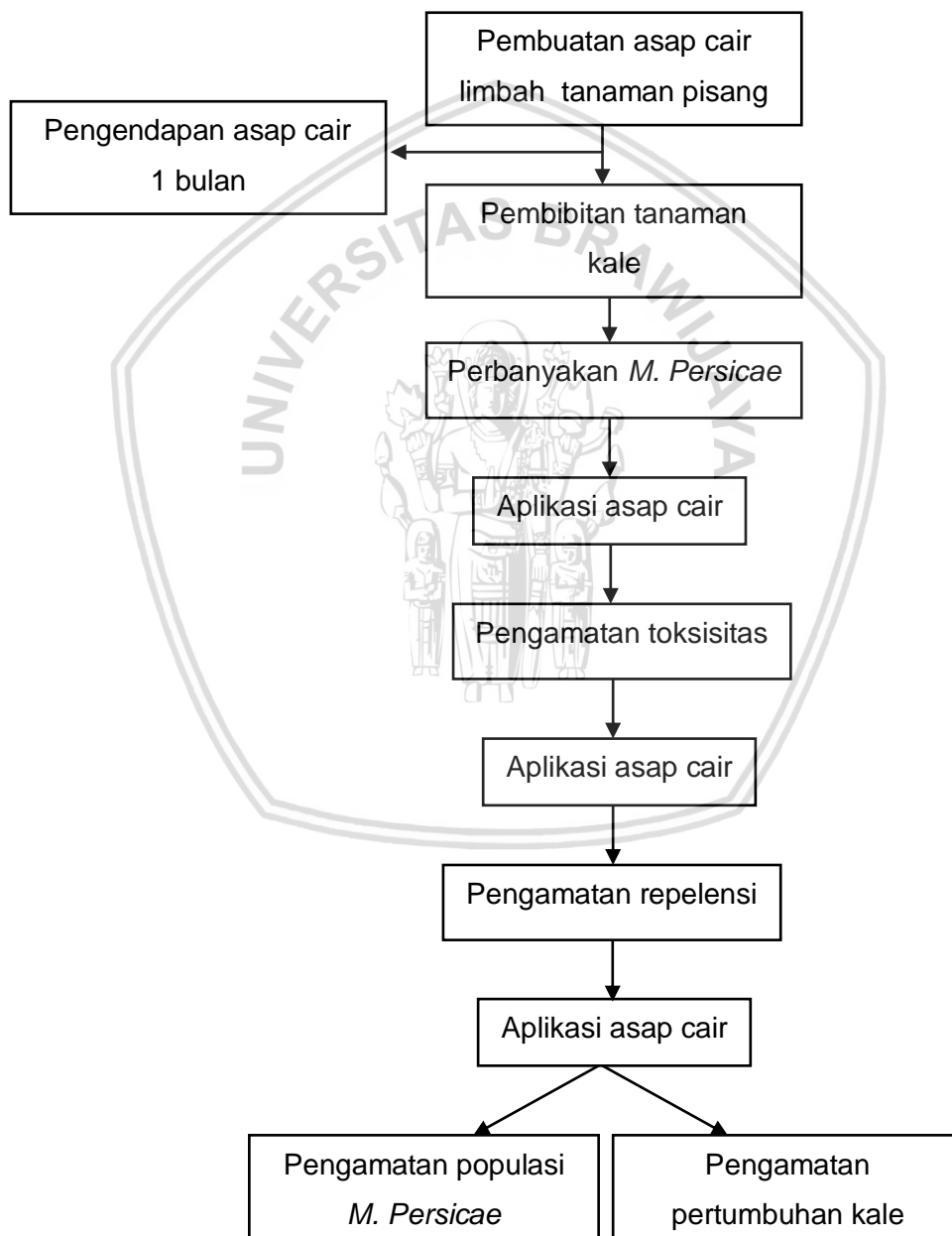
III. METODE PELAKSANAAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Kegiatan penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2018 – Juni 2018. Kegiatan ini dilaksanakan di Kampung Organik Brenjonk – Trawas Mojokerto, Jawa Timur.

3.2 Kerangka Operasional Penelitian

Kerangka operasional penelitian menunjukkan urutan kegiatan penelitian secara sistematis dan disajikan pada gambar berikut:



Gambar 12 Kerangka operasional penelitian

3.3 Persiapan Penelitian

3.3.1 Penyediaan Tanaman Inang

Pembibitan tanaman kale dilakukan di Kampung Organik Brenjonk Trawas, Mojokerto. Benih yang digunakan adalah benih kale *curly*. Pembibitan dilakukan dengan cara, menanam benih kale pada tray yang berisi media tanam tanah dan kompos. Pada umur 21 HST bibit kale dipindah tanam pada Rumah Sayur Organik berukuran 5x8 m, yang terdiri dari 4 bedeng. Selain pada bedengan, tanaman dipindahkan pada polybag yang berisi media tanam tanah, pasir dan kompos dengan perbandingan 1:1:1.

3.3.2 Perbanyakan *M. persicae*

Perbanyakan *M. persicae* diawali dengan identifikasi *M. persicae* di lapang (Lampiran Gambar 6). Hal ini dilakukan untuk memastikan spesies serangga. Serangga diidentifikasi di Laboratorium Hama Tumbuhan Jurusan HPT FP UB. Perbanyakan *M. persicae* diperoleh dari tanaman kale yang terserang *M. persicae*. Pengambilan *M. persicae* pada sayuran kale menggunakan kuas nomor satu yang sudah dibasahi dengan air. Pemindahan dilakukan hati – hati agar stilet *M. persicae* tidak patah. Ketika akan diambil, *M. persicae* diganggu dengan disentuh abdomen dan meniup pelan. Selanjutnya *M. persicae* diinvestasikan ke tanaman kale sebanyak 20 ekor.

3.3.3 Pembuatan Asap Cair

Batang semu (pseudostem) tanaman pisang berupa potongan berukuran \pm 5 cm & kadar air 15% – 20% (Lampiran Gambar 5), dibakar dengan menggunakan tungku drum. Setelah potongan bahan masuk reaktor, kemudian dilakukan pembakaran pada bagian bawah tungku (Lampiran Gambar 2). Tungku pengarangan ini dilengkapi dengan pendingin asap berupa pipa yang terpasang dalam wadah penampung yang telah diisi air. Asap yang telah dingin, dialirkan dan ditampung dalam ember plastik, sehingga akan diperoleh asap cair/cuka kayu (Lampiran Gambar 2). Suhu pengarangan 350 - 550 C selama 45 – 90 menit (Omulo *et al.*, 2017). Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor pirolisis lambat 5.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pengujian Toksisitas (Daya Racun) Asap Cair terhadap *M. persicae*

Untuk mengetahui toksisitas aplikasi asap cair, digunakan metode uji residu (Fitria, 2012). Metode ini dilakukan dengan cara tanaman kale diinvestasikan 20 *M. persicae*, kemudian penyemprotan asap cair ke tanaman

kale. Pengujian dilakukan terhadap perbedaan konsentrasi asap cair terhadap serangga uji. Konsentrasi aplikasi pada tanaman menggunakan konsentrasi asap cair yang berbeda (Tabel 3) dan kontrol dengan 3 kali ulangan untuk setiap perlakuan. Tanaman kale kemudian disungkup dengan plastik silindris yang bagian atasnya tertutup kain kasa, dengan bagian permukaan media tanam ditutup menggunakan kertas putih (Gambar 15) (Lampiran Gambar 3a dan 3b). Perhitungan mortalitas serangga dilakukan pada 24, 48, 72, 96 JSA. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai LC_{50} & LC_{90} (Lampiran Gambar 1).

Tabel 3 Deskripsi perlakuan

No	Perlakuan	Konsentrasi (%)
1	Kontrol	0%
2	Perlakuan	2%
3	Perlakuan	4%
4	Perlakuan	6%
5	Perlakuan	8%
6	Perlakuan	10%

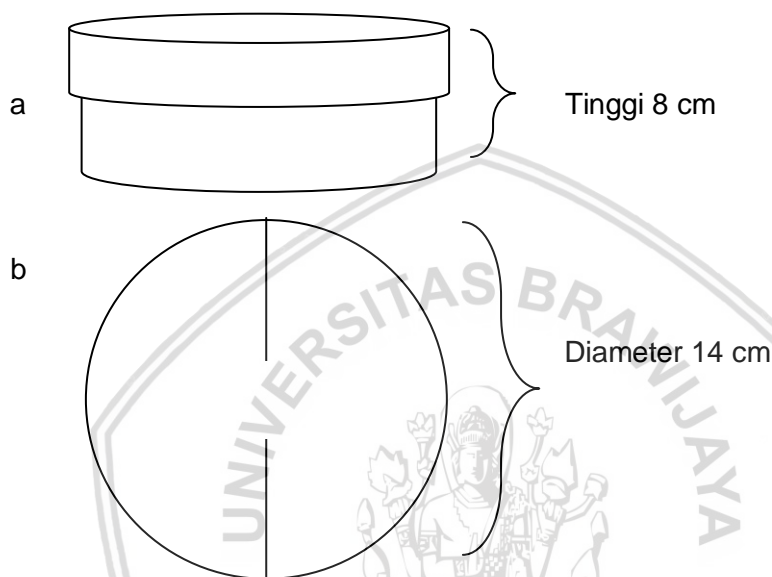


Gambar 13 Sungkup tanaman

3.4.2 Uji Repelensi Asap Cair terhadap *M. persicae*

Metode uji repelensi asap cair terhadap *M. persicae* menggunakan alat berupa *container* atau stoples yang dimodifikasi (diameter = 14 cm, tinggi = 8 cm) (Gambar 16). Plastik dibagi menjadi 2 bagian untuk bagian perlakuan dan kontrol, tutup bagian atas dan bawah diberi tisu yang sudah dibasahi. Masing – masing daun berukuran 5x5 cm dicelupkan pada asap cair yang telah disiapkan, sedangkan perlakuan kontrol dicelupkan ke dalam aquades (Lampiran Gambar

3c dan 3d), konsentrasi yang digunakan pada perlakuan merupakan hasil analisis toksisitas pada LC_{90} . Daun dicelupkan pada perlakuan dan kontrol selama beberapa detik, kemudian dikeringanginkan dengan suhu ruang kurang lebih 15 menit (Shannag, 2015). Jumlah *M. persicae* yang dibutuhkan dalam setiap ulangan adalah 20 *M. persicae*. *M. persicae* diamati selama 24 jam, dengan ulangan sebanyak 4 kali.



Gambar 14 Desain plastik kontainer model stoples kue. a Tampak samping
b Tampak atas.

Variabel yang diamati adalah jumlah serangga yang merespon kontrol dan perlakuan. Untuk mengetahui respon serangga dari aplikasi asap cair, dapat dihitung dengan menggunakan rumus perhitungan nilai Indeks Repellent (IR) berdasarkan Pavela (2009) berikut :

$$IR (\%) = \left[\frac{(C-T)}{(C+T)} \right] \times 100\%$$

Keterangan

IR = Indeks Repellent (%)

C = Jumlah serangga yang hadir pada kontrol

T = Jumlah serangga yang hadir pada perlakuan

Nilai IR positif menunjukkan sifat menolak (*Repellent*), sedangkan nilai IR negatif menunjukkan sifat menarik (*Attractan*) (Pascual-Villalobos & Robledo, 1998). Untuk menentukan tingkat repelensi digunakan kriteria sebagai berikut (Hasyim *et al.*, 2010):

Tabel 4 Kriteria Repelensi

Kriteria Repelensi	Tingkat Repelensi	Nilai Repelensi (%)
0	Lemah	< 0,1
I	Agak Lemah	0,1 – 20
II	Sedang	20,1 – 40
III	Agak Kuat	40,1 – 60
IV	Kuat	60,1 – 80
V	Sangat Kuat	80,1 – 100

3.4.3 Aktivitas Asap Cair terhadap Populasi *M. persicae* dan Pertumbuhan Kale

Metode uji aktivitas asap cair menggunakan rancangan acak kelompok 6 perlakuan 4 ulangan. Nilai LC₉₀ pada uji toksisitas dijadikan dasar perlakuan. Perlakuan yang digunakan untuk pengamatan populasi *M. persicae* dan peningkatan populasi adalah kontrol dan perlakuan asap cair dengan konsentrasi sebagai berikut:

Tabel 5 Deskripsi perlakuan

No	Perlakuan	Model Konsentrasi	Konsentrasi
1	Kontrol	0%	0%
2	Perlakuan	LC ₉₀ – 20%	10%
3	Perlakuan	LC ₉₀ – 10%	20%
4	Perlakuan	LC ₉₀	30%
5	Perlakuan	LC ₉₀ + 10%	40%
6	Perlakuan	LC ₉₀ + 20%	50%

Keterangan: LC₉₀: *Lethal concentrate* untuk mematikan 90% serangga uji

Aplikasi kontrol dan asap cair yaitu dengan menyemprotkan dengan *handsprayer* sebanyak ± 5 ml, penyemprotan dilakukan pada bagian bawah daun secara merata dan dilakukan pada pagi hari sebelum matahari terik. Pengamatan dilakukan dengan cara menghitung populasi hama *M. persicae*, ditandai dengan jumlah keturunan yang dihasilkan pada 1 MSA, 2 MSA, 3 MSA dan 4 MSA. Pengamatan juga dilakukan pada pertumbuhan tanaman kale. Parameter pengamatan meliputi tinggi tanaman, jumlah daun yang diamati pada 1 MSA, 2 MSA, 3 MSA dan 4 MSA. Selain itu pengamatan peningkatan populasi dilakukan

untuk menentukan presentase peningkatan populasi akibat aplikasi asap cair, menggunakan rumus Persentase Peningkatan (PP) :

$$PP = (\text{Populasi 4 MSA} - \text{Populasi 1 MSA} / \text{Populasi 1 MSA}) \times 100\%$$

3.5 Analisis Data

Data hasil pengamatan mortalitas diolah dengan analisis Probit menggunakan program analisis probit Hsin Chi(1997), sehingga diperoleh konsentrasi LC_{50} dan LC_{90} . Hasil repelensi lalu diuji dengan analisis data nonparametrik Kruskal Wallis, apabila berpengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan uji Mann-Whitney. Data hasil pengamatan aktivitas asap cair dianalisis menggunakan ANOVA dengan aplikasi DSAASTAT. Apabila terdapat perbedaan nyata, dilakukan uji lanjut menggunakan uji DMRT dengan taraf kesalahan 5%.



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Daya Racun Asap Cair Batang Semu Pisang pada *M. persicae*

Persentase mortalitas *M. persicae* pada pengujian dengan metode residu pada tanaman menggunakan asap cair batang semu pisang disajikan pada tabel 66. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum persentase mortalitas *M. persicae* semakin tinggi dengan meningkatnya konsentrasi.

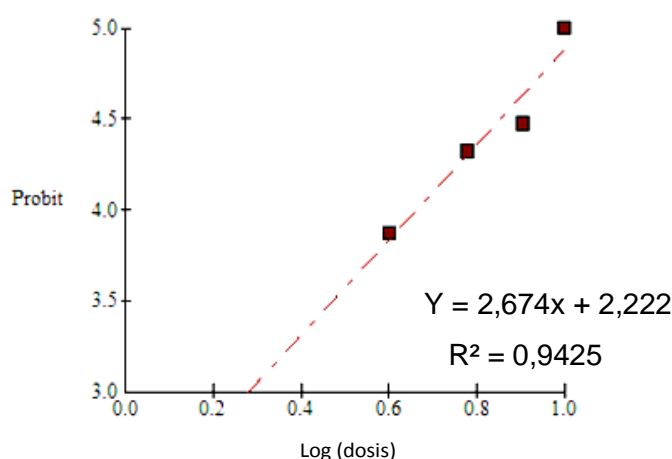
Tabel 6 Mortalitas *M. persicae* pada Kale

Konsentrasi Uji (%)	Mortalitas <i>M. persicae</i> ($\bar{X} \pm SD$) ^{a,b}
0	0 \pm 0,00 a
2	0 \pm 0,00 a
4	13,33 \pm 2,89 b
6	26,67 \pm 2,89 c
8	30 \pm 8,66 c
10	50 \pm 8,66 d

Keterangan : ^a Mortalitas dihitung pada 96 jam setelah perlakuan. ^b Rerata pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji selang berganda Duncan pada taraf nyata 5%, SD adalah Standar Deviasi.

Pada perlakuan asap cair batang semu pisang dengan metode residu menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi perlakuan menghasilkan rerata mortalitas yang berbeda. Konsentrasi 10% menghasilkan mortalitas yang berbeda nyata dari kontrol. Selain itu konsentrasi 10% menyebabkan mortalitas paling tinggi diantara empat konsentrasi lainnya, \pm 10 ekor *M. persicae*. Mortalitas *M. persicae* meningkat pada setiap pengamatan (24; 48; 72 dan 96 JSA) perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan senyawa pada asap cair batang semu pisang tersebut dapat memberikan reaksi pada *M. persicae* mulai 24 JSA.

Kandungan senyawa dengan aktivitas insektisida diduga adalah asam asetat dan metanol. Asam asetat diduga memiliki aktivitas insektisidal, karena senyawa dengan proporsi terbesar dari 200 komponen kimia yang terdapat pada asap cair (Dong Hun *et al.*, 2008). Pada tinjauan Dixit *et al.*, (2013), disebutkan bahwa tanaman transgenik dapat menghasilkan metanol dalam jumlah yang besar. Metanol yang dihasilkan dapat menghambat multiplikasi *M. persicae*. Metanol yang dihasilkan sebesar $4,36 \pm 0,21$ - $4,92 \pm 0,21$ $\mu\text{mole min}^{-1}\text{cm}^{-2}$ mengakibatkan 65%-100% mortalitas *M. persicae* (Dixit *et al.*, 2013).



Gambar 15 Hubungan konsentrasi asap cair batang semu pisang dengan kematian *M. persicae*.

Estimasi daya racun melalui nilai LC_{50} digunakan untuk mengetahui level konsentrasi yang efektif mematikan *M. persicae* sebesar 50% dari seluruh serangga yang diujikan. Nilai LC_{50} tercapai pada konsentrasi 10%. Melalui pengolahan data diperoleh juga nilai konsentrasi untuk LC_{90} , yakni sebesar 30%. Dari persamaan regresi LC_{50} (Gambar 17) menunjukkan bahwa setiap penambahan konsentrasi asap cair batang semu pisang sebanyak 2% akan menyebabkan kematian *M. persicae* sebesar 2,674 %.

Nilai koefisien regresi variabel konsentrasi (x) sebesar 2,674% menunjukkan bahwa tingkat kematian memiliki hubungan positif atau searah dengan garis regresi tersebut. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9425 menunjukkan bahwa tingkat kematian *M. persicae* dipengaruhi oleh tingkat konsentrasi asap cair batang semu pisang dan keduanya saling mempengaruhi sebesar 94,25%.

4.2 Tingkat Repelensi Asap Cair Batang Semu Pisang pada *M. persicae*

Hasil analisis statistik nonparametrik kruskal wallis menunjukkan bahwa jumlah kehadiran *M. persicae* pada daun yang diberi aplikasi asap cair batang semu tanaman pisang tidak berpengaruh nyata dari kontrol. Hal tersebut terlihat dari nilai P-value pada 24 jam rentang waktu pengamatan yang lebih kecil daripada nilai Tabel Kruskal Wallis dengan $\alpha_{(0,05)}$ (Tabel 7). Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai signifikansi (P-value) $< \alpha_{(0,05)}$. Angka tersebut memiliki arti konsentrasi perlakuan yang digunakan pada pengamatan repelensi, memiliki pengaruh menolak yang tidak berbeda.

Tabel 7 Nilai Indeks Repelensi (IR)

Konsentrasi	Rerata IR	Kelas Repelensi	P-value	$\alpha_{(0,05)}$
10 %	2,5 %	I (Agak lemah)	$1,3 \times 10^{-6}$	3,84
20 %	7,5 %	I (Agak lemah)	$5,8 \times 10^{-5}$	3,84
30 %	14,34 %	I (Agak lemah)	$7,9 \times 10^{-6}$	3,84
40 %	31,71 %	II (Sedang)	$1,3 \times 10^{-5}$	3,84
50 %	45,399 %	III (Agak kuat)	0,02	3,84

Keterangan: Indeks Repelensi oleh Hasyim et al (2014)

Hasil perhitungan Indeks Repellent (IR) menunjukkan bahwa asap cair batang semu pisang yang digunakan dalam waktu 24 jam memiliki tingkat repelensi terbesar pada perlakuan konsentrasi 50%. Nilai IR terbesar adalah 45,399%. Nilai persentase positif, menunjukkan adanya sifat repelensi dari asap cair batang semu pisang terhadap *M. persicae*. Nilai IR tersebut tergolong pada tingkat repelensi III (agak kuat) menurut tabel tingkatan sifat repelen oleh Hasyim et al (2014). Merujuk pada Komisi Pestisida Deptan (1995), nilai perhitungan IR tidak memenuhi standar yang ditetapkan, yaitu sebesar 90%. Penggunaan 50% konsentrasi asap cair batang semu pisang memberikan repelensi yang relatif rendah dan kebutuhan konsentrasi yang tergolong tinggi.

4.3 Populasi *M. persicae*

Berdasarkan pengamatan populasi *M. persicae* pada tanaman kale dalam tabel 8 menunjukkan bahwa populasi *M. persicae* terus meningkat setiap minggu setelah aplikasi asap cair batang semu pisang pada semua perlakuan. Rerata populasi *M. persicae* 1MSA mengalami penurunan. Perlakuan asap cair berbeda nyata terhadap rerata populasi *M. persicae* 1MSA dibanding perlakuan kontrol. Pada 2 dan 3 MSA rerata populasi *M. persicae* meningkat dari minggu sebelumnya. Pada 2 dan 3 MSA perlakuan 50% saja yang menunjukkan perbedaan nyata rerata populasi *M. persicae*. Rerata populasi *M. persicae* meningkat pada 4 MSA. Rerata populasi *M. persicae* 4MSA pada perlakuan asap cair tidak berbeda nyata dari perlakuan kontrol.

Tabel 8 Rerata Populasi *M. persicae* pada Kale

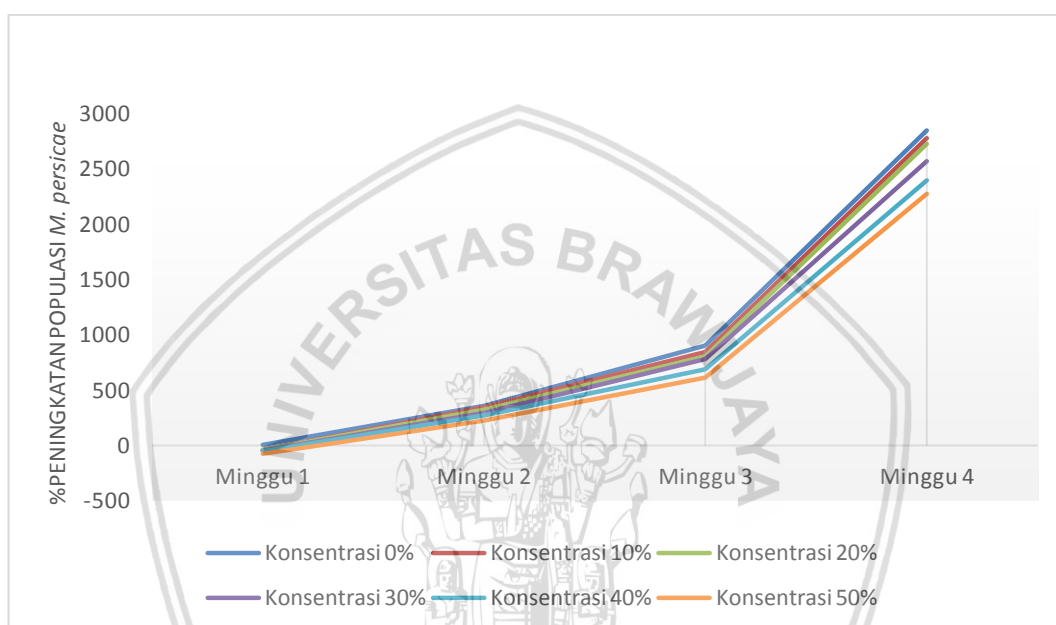
Konsentrasi (%)	Populasi <i>M. persicae</i> setelah aplikasi ($\bar{X} \pm SD$)				
	0 MSA	1 MSA	2 MSA	3 MSA	4 MSA
0	7,5 \pm 0,6 a	7,5 \pm 0,58 a	32,5 \pm 3,8 a	70,5 \pm 3 a	208 \pm 4,2 a
10	7,4 \pm 0,5 a	4,75 \pm 2,5 b	32,5 \pm 0,6 a	68,8 \pm 3,8 ab	211 \pm 2,9 a
20	7,4 \pm 0,5 a	4,75 \pm 1,7 b	31,8 \pm 2,9 ab	68 \pm 5,3 ab	212 \pm 2,71 a
30	8,4 \pm 0,75 a	4,3 \pm 0,5 bc	30,8 \pm 2,5 ab	67,5 \pm 4,9 ab	209 \pm 0,8 a
40	8,13 \pm 1 a	4,3 \pm 1 bc	30,8 \pm 2,5 ab	65,3 \pm 4,6 ab	209 \pm 4,2 a
50	8,5 \pm 0,58 a	2,25 \pm 0,5 c	28,5 \pm 2,4 b	62,5 \pm 0,6b	210,3 \pm 3,3 a

Keterangan: MSA: Minggu Setelah Aplikasi; SD: Standar Deviasi; Data telah diuji normalitas. Rerata pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji selang berganda Duncan pada taraf kesalahan 5%,

Adanya perbedaan nilai rerata populasi *M. persicae* pada perlakuan selain kontrol pada satu minggu setelah aplikasi asap cair batang semu pisang, menunjukkan adanya pengaruh diantara keduanya. Perbedaan nilai rerata yang ditimbulkan pengaruh tersebut terus menurun pada minggu pengamatan berikutnya. Hal ini disebabkan oleh hilangnya beberapa komponen kimia karena penguapan. Asap cair batang semu pisang terdiri atas asam asetat, metanol, furfural, metil-propil-ke-ton (MPK), asam propanoat, aseton, 3-heksanon, etanol, alkil alkohol, hidroksi aseton, siklohexanol, 2 metoksi-4-vinilfenol, oktanol, benzil alkohol and guaiakol (Omulo *et al.*, 2017). Komponen-komponen kimia tersebut merupakan komponen kimia yang mudah menguap dan tidak mudah menguap. Selain karena sifat senyawa kimia asap cair batang semu pisang, nilai rerata populasi *M. persicae* pada perlakuan 10%; 20%; 30%; 40% dan 50% terus meningkat menyamai atau melebihi perlakuan kontrol, akibat kemampuan reproduksi *M. persicae* pada tanaman kale yang menghasilkan 20 – 30 keturunan dari setiap individu (Heathcote, 1962).

4.4 Peningkatan Populasi *M. persicae* pada Aplikasi Asap Cair Batang Semu Pisang

Selama pengamatan, aplikasi asap cair batang semu tanaman pisang mampu menurunkan populasi *M. persicae* pada 1MSA. Kemudian pada 2MSA – 4MSA populasi *M. persicae* terus mengalami peningkatan. Peningkatan populasi terbesar terjadi pada 3MSA menuju 4MSA (Gambar 18). Peningkatan populasi terjadi pada semua aplikasi perlakuan asap cair batang semu tanaman pisang.



Gambar 16 Peningkatan populasi *M. persicae*

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jumlah *M. persicae* meningkat secara signifikan dalam 3 minggu setelah sempat turun pada 1MSA. Peningkatan jumlah *M. persicae* secara signifikan terjadi pada semua konsentrasi pada 4MSA. Hal tersebut ditandai dengan huruf berbeda yang mengikuti masing – masing nilai persentase peningkatan. Nilai persentase peningkatan berkisar antara 2714,7% - 9483,3%. Peningkatan populasi *M. persicae* pada konsentrasi asap cair 10% adalah peningkatan terendah dan 50% adalah peningkatan tertinggi. Pengamatan peningkatan populasi merupakan nilai untuk mencari persentase peningkatan populasi *M. persicae*. Nilai ini diperoleh dari banyaknya populasi *M. persicae* pada 1 MSA & 4MSA. Hasil pengamatan disajikan dalam tabel 9.

Tabel 9 Persentase peningkatan populasi *M. persicae*

Konsentrasi (%)	Populasi 1 MSA ($\bar{X} \pm SD$)	Populasi 4 MSA ($\bar{X} \pm SD$)	Peningkatan Populasi MSA (%)
0	7,5 \pm 0,577 a	208 \pm 4,243 a	2714,7 a
10	4,75 \pm 2,5 b	211 \pm 2,944 a	5475 b
20	4,75 \pm 1,708 b	212 \pm 2,708 a	4788,6 b
30	4,25 \pm 0,5 bc	209 \pm 0,817 a	4940 b
40	4,25 \pm 0,957 bc	209 \pm 4,243 a	5040 b
50	2,25 \pm 0,5 c	210,25 \pm 3,304 a	9483,3 c

Keterangan: MSA: Minggu Setelah Aplikasi; SD: Standar Deviasi; Data telah ditransformasi Log X. Rerata pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji selang berganda Duncan pada taraf kesalahan 5%.

Rerata populasi *M. persicae* 4 MSA meningkat dari 1 MSA. Rerata populasi yang meningkat mengakibatkan rerata populasi *M. persicae* 4 MSA relatif sama antar perlakuan. Peningkatan populasi kemudian dihitung dalam persentase lalu dianalisis. Hasil analisis menunjukkan bahwa persentase peningkatan populasi *M. persicae* dari 1 MSA hingga 4 MSA berbeda secara signifikan. Populasi *M. persicae* 4 MSA menyebar merata pada setiap perlakuan. Perlakuan asap cair dengan konsentrasi 50% menunjukkan persentase peningkatan tertinggi, yakni 9483,3%.

Semakin tinggi konsentrasi aplikasi asap cair maka semakin tinggi persentase peningkatan rerata populasi *M. Persicae*. Diduga meningkatnya *M. persicae* terkait erat dengan aplikasi asap cair batang semu pisang. Aplikasi asap cair batang semu pisang memicu terjadinya perubahan fisiologis terhadap hama sehingga keturunannya lebih banyak atau *longevity* imago. Asap cair batang semu pisang dapat berperan sebagai stimulan pada reproduksi *M. persicae* dengan mekanisme yang belum jelas. Tingginya populasi *M. persicae* setelah aplikasi asap cair batang semu pisang dapat mengarah kepada resurgensi. Dimana resurgensi adalah timbulnya ledakan populasi hama tertentu setelah mendapatkan perlakuan pestisida (Untung *et al.*, 1986; Ratna, 2009).

4.5 Pengaruh Asap Cair Batang Semu Pisang pada Tanaman Kale

Berdasarkan pengamatan tinggi tanaman kale setelah aplikasi asap cair batang semu pisang, menunjukkan hasil yang tidak berbeda antara perlakuan dan kontrol. Rerata tinggi tanaman disajikan dalam tabel 10.

Tabel 10 Rerata tinggi tanaman kale

Konsentrasi (%)	Rerata Tinggi Tanaman Kale (cm) setelah aplikasi ($\bar{X} \pm SD$)			
	1 MSA	2 MSA	3 MSA	4MSA
0	6,075 \pm 0,48 a	7,2 \pm 0,245 a	18,23 \pm 0,99 a	23,525 \pm 1,4 a
10	6,5 \pm 0,723 a	7,175 \pm 0,26 a	17,025 \pm 3,27 a	21,5 \pm 4,123 a
20	5,95 \pm 0,42 a	6,9 \pm 0,503 a	17,125 \pm 1,76 a	22,35 \pm 0,45 a
30	6,025 \pm 0,33 a	6,8 \pm 0,283 a	16,63 \pm 0,995 a	21,825 \pm 2,02 a
40	5,85 \pm 0,332 a	7,025 \pm 0,56 a	5,625 \pm 2,34 a	19,95 \pm 1,87 a
50	6,225 \pm 0,15 a	6,825 \pm 0,29 a	17,375 \pm 2,69 a	21,35 \pm 2,88 a

Keterangan: MSA: Minggu Setelah Aplikasi; SD: Standar Deviasi; Data telah diuji normalitas. Rerata pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji selang berganda Duncan pada taraf kesalahan 5%,

Tinggi tanaman terus meningkat setiap minggu setelah aplikasi asap cair batang semu pisang pada semua perlakuan. Tinggi tanaman kale pada 1MSA – 4MSA tidak terpengaruh oleh perlakuan. Hal tersebut ditandai dengan huruf yang sama dari perlakuan kontrol (konsentrasi 0%) dan masing-masing perlakuan lain. Persamaan tinggi tanaman terjadi pada semua konsentrasi.

Berdasarkan pengamatan jumlah daun tanaman kale setelah aplikasi asap cair batang semu pisang, menunjukkan hasil yang tidak berbeda antara perlakuan dan kontrol. Rerata jumlah daun tanaman disajikan dalam tabel 11.

Tabel 11 Rerata jumlah daun tanaman kale

Konsentrasi (%)	Rerata Jumlah Daun Tanaman Kale setelah aplikasi ($\bar{X} \pm SD$)			
	1 MSA	2 MSA	3 MSA	4MSA
0	4 \pm 0,82 a	4 \pm 0,95 a	6,25 \pm 0,98 a	8,5 \pm 1 a
10	3 \pm 0,95 a	4,25 \pm 0,82 a	6,5 \pm 0,82 a	9 \pm 0,82 a
20	3,25 \pm 0,96 a	4,5 \pm 0,95 a	5,75 \pm 0,95 a	8 \pm 0,95 a
30	3 \pm 1 a	4,5 \pm 0,95 a	6,25 \pm 0,95 a	8,75 \pm 0,95 a
40	3 \pm 0,58 a	4,25 \pm 0,95 a	6,25 \pm 0,95 a	8,25 \pm 0,95 a
50	3 \pm 0,95 a	3,75 \pm 0,56 a	6 \pm 0,56 a	7,75 \pm 0,56 a

Keterangan: MSA: Minggu Setelah Aplikasi; SD: Standar Deviasi; Data telah diuji normalitas. Rerata pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji selang berganda Duncan pada taraf kesalahan 5%,

Jumlah daun tanaman terus meningkat setiap minggu setelah aplikasi asap cair batang semu pisang pada semua perlakuan. Jumlah daun tanaman kale pada 1MSA – 4MSA tidak terpengaruh oleh perlakuan. Hal tersebut ditandai dengan huruf yang sama dari perlakuan kontrol (konsentrasi 0%) dan masing-masing perlakuan lain.

Tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman adalah indikator pertumbuhan tanaman. Melalui pengamatan terhadap Tinggi tanaman dan jumlah daun dapat dikaji pengaruh asap cair batang semu pisang terhadap pertumbuhan tanaman kale. Pada kedua tabel di atas dapat disimpulkan bahwa pada konsentrasi 50% asap cair batang semu pisang, tanaman tetap dapat tumbuh secara normal.

Perlakuan asap cair batang semu pisang merupakan faktor pertumbuhan eksternal pada budidaya tanaman kale dalam penelitian ini. Seperti yang disampaikan Suryawati *et al* (2007), bahwa faktor eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan adalah lingkungan tumbuh tanaman. Sebagai faktor eksternal, konsentrasi perlakuan asap cair batang semu pisang tidak berpengaruh secara signifikan, karena aplikasi semprot asap cair batang semu pisang tidak terserap ke dalam daun tanaman kale.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Asap cair batang semu pisang memberikan pengaruh letal (daya racun) terhadap 50% *M. persicae* pada konsentrasi 10%.
2. Asap cair batang semu pisang tidak memiliki aktivitas repelensi terhadap *M. persicae*.
3. Pengaruh aplikasi asap cair batang semu pisang pada 1MSA, mengakibatkan rerata populasi *M. persicae* menurun. Sementara itu, pengaruh aplikasi asap cair batang semu pisang pada 2MSA – 4MSA, mengakibatkan rerata populasi *M. persicae* meningkat. Pengaruh aplikasi asap cair batang semu pisang dalam 4 minggu setelah aplikasi, menimbulkan peningkatan rerata populasi *M. persicae* secara signifikan dibanding perlakuan kontrol.
4. Aplikasi asap cair batang semu pisang tidak berpengaruh terhadap indikator pertumbuhan tanaman kale, yakni tinggi tanaman dan jumlah daun.

5.2 Saran

Untuk peneliti yang akan melakukan penelitian serupa dapat menggunakan bahan baku asap cair yang lebih berpotensi agar dapat mengurangi rerata populasi *M. persicae*. Aplikasi asap cair batang semu tanaman pisang sebaiknya tidak dilaksanakan, karena dapat memicu peningkatan populasi *M. persicae*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyani, Dahlena. Mujiyanti, Dwi Rasy. Umaningrum, Dewi. dan Yuda, Harlianto Arimba 2014. Studi Kajian Kandungan Senyawa Pada Asap Cair Dari Sekam Padi. Program Studi Kimia FMIPA Universitas Lambung Mangkurat.
- Dixit S, Upadhyay SK, Singh H, Sidhu OP, Verma PC, et al. (2013) Enhanced Metanol Production in Plants Provides Broad Spectrum InsectResistance. PLoS ONE 8(11): e79664. doi:10.1371/journal.pone.0079664
- Dong Hun Kim , Han Eul Seo , Sang- Chul Lee & Kyeong- Yeoll Lee. 2008. Effects of wood vinegar mixeded with insecticides on the mortalities of *Nilaparvata lugens* and *Laodelphax striatellus*.
- Demirbas, Ahyar. Arin, Gonerik. 2002. An Overview of Biomass Pyrolysis. Energy Sources. 24: 5, 471 – 482.
- Fitria, Dian. 2012. Toksisitas Ekstrak *Tephrosia vogelii* dan *Alpinia galanga* terhadap *Myzus persicae* pada Tanaman Cabai. Departemen Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Heathcote, G.D. 1962. The Suitability Of Some Plant Hosts For The Development Of The Peach-Potato Aphid, *Myzus persicae* (Sulzer). Ent. exp. & appl. 5 (): 114--118. North-Holland Publishing Co., Amsterdam
- Hasyim, A. Setiawati, W. Murtiningsih, R. Sofiari, E. Efikasi Persistensi Minyak Serai sebagai Biopestisida terhadap *Pascua Hubn* (Lepidoptera: Noctuidae). Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Jurnal Hortikultura 20 (4).
- Helm, Von Johannes. 1962. Morphologisch-taxonomische Gliederung der Kultursippen von Brassica oleracea L.
- Iberahim, Suzilawati Binti. Design and Development of Pyrolysis System to Produce Wood Vinegar. Universiti Tun Hussein Onn Malaysia.
- Iwasaki, Masato. 2016. an Anti-Neutralization Measure of The Acid Soil by The Bamboo & Wood Charcoal. Environmental Improvement by The Reduction of The Carbon Dioxide.
- Joshi, C. A., & Seay, J. R. (2016). An Appropriate Technology Based Solution to Convert Waste Plastic into Fuel Oil in Underdeveloped Regions. J. Sustain. Dev., 9(4), 133.
- Kalshoven, L.G.E.1981. The Pests of Crops in Indonesia. Jakarta: P.T Ichtiar Baru. Hal. 156.
- Kim S, Kim Y, Kim JS, Ahn MS, Heo SJ, Hur JH, and Han DS(2000) Herbicidal activity of wood vinegar from *Quercus mongolica* Fisch. Kor J Insecticide Sci 4: 82-88.
- Kuhar, Tom. Reiter, Sara. Doughty, Helen. Green Peach Aphid on Vegetable. Virginia Cooperative Institute.

- Komarayati, Sri. Gusmailina dan Pari, Gustan. 2011. Produksi Cuka Kayu Hasil Modifikasi Tungku Arang Terpadu. Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan.
- Mohan, Dinesh. Pittman, Charles U. Jr. dan Steele, Philip H. 2005. Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-oil: A Critical Review. *Energy & Fuels* 20 848-889.
- Omulo, Godfrey. Willett, Sarah. Seay, Jeffrey. Banadda, Noble. Kabenge, Isa. Zziwa, Ahamada. & Kiggundu, Nicholas. 2017. Characterization of Slow Pyrolysis Wood Vinegar and Tar from Banana Wastes Biomass as Potential Organic Pesticides. *Journal of Sustainable Development Canadian Center of Science and Education*; Vol. 10, No. 3.
- Pangnakorn, U. & Chuenchooklin, S. 2016. Acute and Chronic Effect of Biopesticide on Infestation of Whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) on the Culantro Cultivation. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering* Vol:10, No:2.
- Pascual-Villalobos, M. J. and A. Robledo. 1998. Screening for antiinsect activity in mediterranean plants. *Industrial Crops and Products*. 8: 183-194.
- Pavela, Roman. Larvicidal Property of Essenstia Oils Against *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae) Rakmai, Jaruporn. 2009. Chemical Determinations, Antimicrobial and Antioxidant Activities of Thai Wood Vinegars. A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Pharmacy in Pharmaceutical Sciences. Prince of Songkla University.
- Ratna, Yuni. Trisyono, Andi. Kasumbogo, Untung. Indradewa, Didik. 2009. Resurjensi Serangga Hama Karena Perubahan Fisiologi Tanaman dan Serangga Sasaran setelah Aplikasi Insektisida. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, Vol. 15, No. 2.
- Salachna, Piotr. 2017. Plant Growth of *Curly Kale* Under Salinity Stress. West Pomeranian University of Technology, Szczecin
- Shannag, H. S. Capinera, J. L. Freihat, N. M. 2014. Efficacy of Different Neem-Based Biopesticides Against Green Peach Aphid, *Myzus Persicae*. (Hemiptera: Aphididae). *International Journal of Agricultural Policy and Research* Vol 2.
- Tiilikkala, Kari dan Segerstedt, Marjo. 2009. Koivutisle – Kasvinsuojelun Uusi Innovaatio. MTT Agrifood Research Finland. Plant Production Research. Finland.
- Yatagai, Mitsuyoshi. Madoka Nishimoto. Keko Hori. Tatsuro Ohira. Akira hibata. 2002. Termiticidal activity of wood vinegar, its components and their homologues. The Japan Wood Research Society
- Yan Ying. 2015. Identifying Bioactivity Events of Small Molecules from The Scientific Literature European Bioinformatics Institute. University of Cambridge.



Lampiran Tabel 1 Analisis Ragam Mortalitas *M. persicae* pada Kale

EFFECT	SS	DF	MS	F	ProbF
Konsentrasi Uji (ml/L)	5666,667	5	1133,333	40,8	4,01-07**
Residual	333,333	12	27,778		
Total	6000	17	352,941		

Lampiran Tabel 2 Analisis Ragam Populasi *M. persicae* 1 MSA

EFFECT	SS	DF	MS	F	ProbF
Ulangan	4,458	3	1,486	0,787	
Perlakuan	56,875	5	11,375	6,030	0,00298**
Residual	28,292	15	1,886		
Total	89,625	23	3,896		

Lampiran Tabel 3 Analisis Ragam Populasi *M. persicae* 2 MSA

EFFECT	SS	DF	MS	F	ProbF
Ulangan	50,458	3	16,819	3,466	
Perlakuan	45,375	5	9,075	1,870	0,1596*
Residual	72,791	15	4,853		
Total	168,625	23	7,332		

Lampiran Tabel 4 Analisis Ragam Populasi *M. persicae* 3 MSA

EFFECT	SS	DF	MS	F	ProbF
Ulangan	63,167	3	21,056	1,401	
Perlakuan	159,333	5	31,866	2,121	0,119*
Residual	225,333	15	15,022		
Total	447,833	23	19,471		

Lampiran Tabel 5 Analisis Ragam Populasi *M. persicae* 4 MSA

EFFECT	SS	DF	MS	F	ProbF
Ulangan	37,125	3	12,375	1,208	
Perlakuan	43,875	5	8,775	0,857	0,532*
Residual	153,625	15	10,242		
Total	234,625	23	10,201		

Lampiran Tabel 6 Analisis Ragam Tinggi Tanaman Kale 1 MSA

EFFECT	SS	DF	MS	F	ProbF
Ulangan	0,378	3	0,126	0,605	
Perlakuan	1,067	5	0,213	1,025	0,438*
Residual	3,125	15	0,208		
Total	4,57	23	0,199		

Lampiran Tabel 7 Analisis Ragam Tinggi Tanaman Kale 2 MSA

EFFECT	SS	DF	MS	F	ProbF
Ulangan	0,888	3	0,296	2,651	0,409587*
Perlakuan	0,604	5	0,121	1,082	
Residual	1,675	15	0,112		
Total	3,166	23	0,138		

Lampiran Tabel 8 Analisis Ragam Tinggi Tanaman Kale 3 MSA

EFFECT	SS	DF	MS	F	ProbF
Ulangan	15,19	3	5,063	1,075	0,682*
Perlakuan	14,755	5	2,951	0,697	
Residual	70,635	15	4,709		
Total	100,58	23	4,373		

Lampiran Tabel 9 Analisis Ragam Tinggi Tanaman Kale 4 MSA

EFFECT	SS	DF	MS	F	ProbF
Ulangan	15,063	3	5,021	0,837	0,489*
Perlakuan	27,915	5	5,583	0,931	
Residual	89,962	15	5,997		
Total	132,94	23	5,78		

Lampiran Tabel 10 Analisis Ragam Jumlah Daun Tanaman Kale 1 MSA

EFFECT	SS	DF	MS	F	ProbF
Ulangan	1,792	3	0,597	0,719	0,834
Perlakuan	1,708	5	0,342	0,411	
Residual	12,458	15	0,831		
Total	15,958	23	0,694		

Lampiran Tabel 11 Analisis Ragam Jumlah Daun Tanaman Kale 2 MSA

EFFECT	SS	DF	MS	F	ProbF
Ulangan	1,792	3	0,597	0,719	0,834
Perlakuan	1,708	5	0,342	0,411	
Residual	12,458	15	0,831		
Total	15,958	23	0,694		

Lampiran Tabel 12 Analisis Ragam Jumlah Daun Tanaman Kale 3 MSA

EFFECT	SS	DF	MS	F	ProbF
Ulangan	3	3	1	1,364	0,866
Perlakuan	1,333	5	0,267	0,364	
Residual	11	15	0,733		
Total	15,333	23	0,667		

Lampiran Tabel 13 Analisis Ragam Jumlah Daun Tanaman Kale 4 MSA

EFFECT	SS	DF	MS	F	ProbF
Ulangan	4,125	3	1,375	0,976	
Perlakuan	4,375	5	0,875	0,621	0,686
Residual	21,125	15	1,408		
Total	29,625	23	1,288		

Lampiran Tabel 14 Hasil Analisis GC-MS Kandungan Asap Cair Batang Semu Pisang (Omulo, et al., 2017)

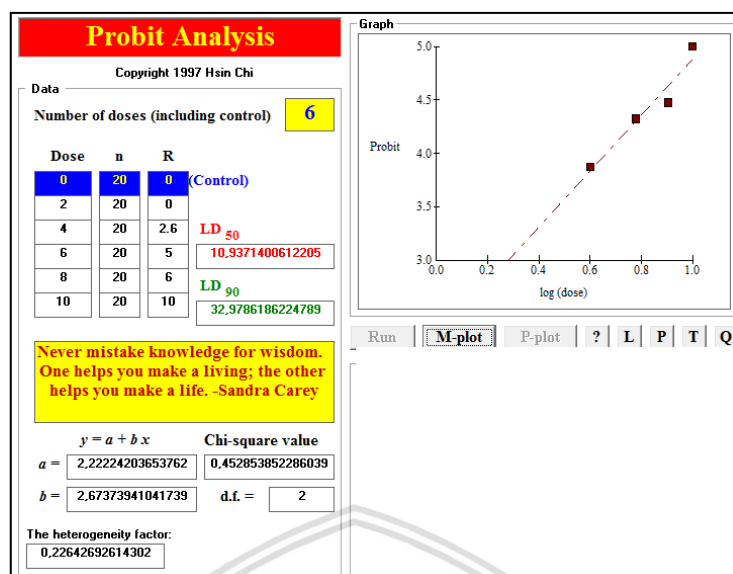
*RT	Compounds	Group	Chemical Formula	Molar Mass (g/mol)	**BSV (% Peak Area)
5.931	Methanol	Alcohol	CH ₃ HO	32.04	40.36
7.776	Ethanol	Alcohol	C ₂ H ₅ OH	46.07	12.15
8.188	Acetone	Ketone	CH ₃ COCH ₃	58.08	-
10.244	Allyl Alcohol	Alcohol	C ₃ H ₆ O	58.08	9.95
11.304	Acetic Acid	Acid	CH ₃ COOH	60.05	19.72
12.856	Methyl Propyl Ketone	Ketone	C ₅ H ₁₀ O	86.13	17.83
13.578	Hydroxy Acetone	Ketone	C ₃ H ₆ O ₂	74.08	-
14.404	Propionic acid	Acid	C ₃ H ₆ O ₂	74.08	-
15.776	3-Hexanone	Ketone	C ₆ H ₁₂ O	100.16	-
17.551	Furfural	Furan	C ₅ H ₄ O ₂	96.09	-
18.689	Cyclohexanol	Phenol	C ₆ H ₁₂ O	100.16	-
20.823	2-Methoxy-4-Vinylphenol	Phenol	C ₉ H ₁₀ O ₂	150.17	-
21.201	Octanol	Alcohol	C ₈ H ₁₇ OH	130.23	-
23.131	Benzyl Alcohol	Alcohol	C ₇ H ₈ O	105.14	-
24.470	Guaiacol	Phenol	C ₇ H ₈ O ₂	124.14	-

* Retention time

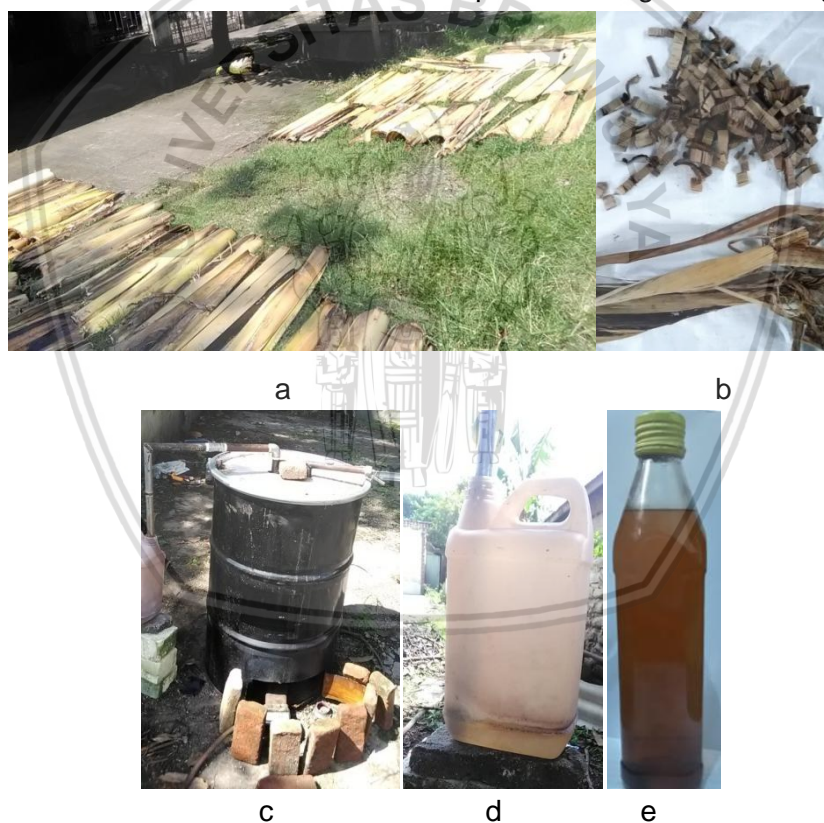
** BSV (banana pseudostem vinegar)

Lampiran Tabel 25 Hasil Analisis GC-MS Kandungan Asap Cair (Rakmai, 2009)

Original Wood Vinegars	Bamboo	White Popinac	Eucalyptus	Rubber
Acetic acid	77,3	74,7	77,6	65,1
propanoic acid	2,0	2,1	2,2	
Butanoic acid		0,9	0,9	
Formic acid				1,8
Benzoic acid			0,3	0,1



Lampiran Gambar 1 Analisis Toksisitas Asap Cair Batang Semu Pisang



Lampiran Gambar 2 Dokumentasi pembuatan asap cair batang semu tanaman pisang; (a)Proses pengeringan batang semu pisang menggunakan sinar matahari, (b) Potongan batang semu pisang kering, (c) Alat pembakaran (Pirolisator) potongan batang semu pisang kering, (d) Penampung asap cair, (e) Hasil asap cair setelah diendapkan 1 bulan.



Lampiran Gambar 3 Dokumentasi penelitian; (a) Penyungkupan tanaman pada pengamatan toksisitas, (b) *M. persicae* pada alas tanaman sungkup (c) Perlakuan pada pengamatan repelensi (d) Pengamatan repelensi.



a



b

Lampiran Gambar 4 Dokumentasi (a) & (b) warna tubuh *M. persicae* berubah menjadi coklat.



Lampiran Gambar 5 Dokumentasi pengukuran kadar air



Lampiran Gambar 6 (a) & (b) Hasil Identifikasi *M. persicae*